SNI 8453:2017

Standar Nasional Indonesia

Metode uji untuk pengujian seismik *crosshole*

Standard Test Methods for Crosshole Seismic Testing

(ASTM D4428/D4428M-14,IDT)

ICS 93.020

Badan Standardisasi Nasional

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Daftar isi

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Prakata

Rancangan Standar Nasional Indonesia tentang Metode uji standar untuk pengujian seismik *crosshole* ini merupakan SNI baru dengan mengadopsi identik dari ASTM D 4428/D4428M-14: *Standard Test Metods for Crosshole Seismic Testing*.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis (91-01) Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis (91-01/S1) Bidang Sumber Daya Air melalui Gugus Kerja Balai Bangunan Hidraulik dan Geoteknik Keairan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air.

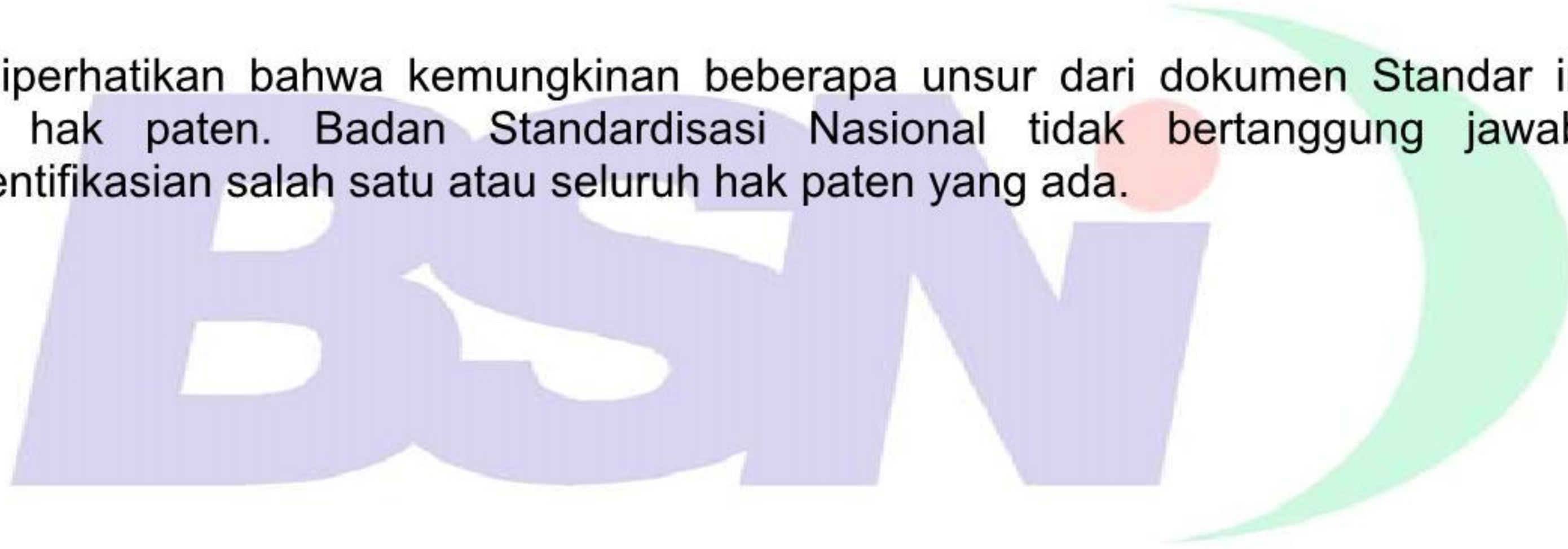
Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional dan telah dibahas pada rapat Konsensus di Bandung pada 20 Oktober 2016 dengan melibatkan narasumber, pakar dan lembaga terkait.

Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 20 September 2017 sampai dengan 20 Oktober 2017, dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Untuk menghindari kesalahan dalam penggunaan dokumen dimaksud, disarankan bagi pengguna standar untuk menggunakan dokumen SNI yang dicetak dengan tinta berwarna.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen Standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur bidang hidraulik dan geoteknik keairan dalam tahun-tahun mendatang mengalami peningkatan yang pesat. Untuk mendukung keberhasilan program pemerintah perlu didukung oleh Standar, Pedoman, dan Manual (SPM) yang terbaru dan terbarukan sesuai dengan kondisi yang ada sekarang. Di samping itu, dengan terbitnya Instruksi Menteri PU No.2/IN/M/2005 tentang penerapan Standar, Pedoman, dan Manual dalam dokumen kontrak.

Dewasa ini, belum semua pengujian di bidang bangunan hidraulik dan geoteknik keairan mempunyai pedoman/standar nasional Indonesia. Oleh karena itu diperlukan pengkajian penyusunan pedoman/standar nasional indonesia bidang bangunan hidraulik dan geoteknik keairan baru dengan mengadopsi standar internasional yang ada. Agar terwujudnya SPM bidang bangunan hidraulik dan geoteknik keairan yang terbaru dan terbaharui sesuai dengan kondisi yang sekarang, sehingga pekerjaan bangunan keairan mempunyai kualitas dan tingkat keamanan yang mencukupi.

Pedoman ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dan pegangan para praktisi di lapangan dalam pengujian *crosshole* untuk metode-metode uji yang terbatas pada penentuan gelombang seismik kompresi (*P*) dan gelombang geser (*S*) yang bergerak secara horizontal di wilayah pengujian setempat.

Metode uji untuk pengujian seismik *crosshole*

1 Ruang lingkup

1.1 Standar ini dibatasi untuk menentukan kecepatan dua jenis gelombang seismik horizontal pada tanah; yang pertama gelombang kompresi (*P-wave*) dan kedua gelombang geser (*S-wave*). Standar ini mengasumsikan bahwa metode yang digunakan untuk menganalisis data yang diperoleh berdasarkan pada waktu kedatangan gelombang pertama atau interval waktu kedatangan melalui jarak yang ditentukan.

1.2 Prosedur interpretasi dan peralatan yang bisa diterima, seperti sumber seismik, penerima, dan sistem perekaman akan dibahas. Perihal lainnya yang ditetapkan meliputi jarak lubang bor, pengeboran, pipa lindung, injeksi semen *(grouting),* survei deviasi *(deviation surveys),* dan prosedur uji yang benar.

1.3 Metode uji ini diutamakan pada prosedur uji mutakhir, interpretasi data, spesifikasi alat yang akan menghasilkan hasil uji yang seragam.

1.4 Semua nilai yang dicatat dan dihitung harus sesuai dengan panduan tentang pembulatan dan tingkat ketelitian digit yang ditetapkan pada ASTM D6026.

1.4.1 Prosedur yang digunakan untuk mensyaratkan cara data dikumpulkan/direkam dan dihitung pada metode uji ini dianggap sebagai standar industri. prosedur ini tidak digunakan untuk mempertimbangkan variasi bahan, data yang diperoleh untuk tujuan tertentu, penggunaan studi-studi yang khusus atau pertimbangan lain untuk tujuan pengguna. Pengukuran yang dilakukan untuk meningkatkan angka penting atau sensitivitas yang lebih baik dibandingkan dengan spesifikasi yang ada dalam metode uji ini tidak akan dianggap sebagai suatu ketidaksesuaian dengan standar ini.

1.5 Unit - Nilai yang dinyatakan dalam satuan SI atau satuan *inch-pound* [disajikan dalam kurung] harus dianggap secara terpisah sebagai standar. Nilai-nilai yang tercantum dalam setiap sistem mungkin tidak benar-benar tepat; Oleh karena itu, setiap sistem harus digunakan secara bebas satu sama lain. Menggabungkan nilai-nilai dari dua sistem tersebut dapat mengakibatkan ketidaksesuaian dengan standar. Pelaporan hasil uji dalam satuan selain SI tidak akan dianggap sebagai ketidaksesuaian dengan metode uji ini.

1.6 Standar ini tidak dimaksudkan untuk mengatasi semua masalah keselamatan, jika ada, terkait dengan penggunaannya. Hal tersebut merupakan tanggung jawab pengguna standar ini untuk menetapkan keselamatan dan kesehatan kerja serta menentukan penerapan batasan aturan sebelum penggunaan.

2 Dokumen referensi

2.1 Standar ASTM:

D653 *Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids*

D3740 *Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction*

D6026 *Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data*

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

© BSN 2017

Standard Test Methods for Crosshole Seismic Testing

1. Scope

1.1 These test methods are limited to the determination of the velocity of two types of horizontally travelling seismic waves in soil materials; primary compression (*P-wave*) and secondary shear (*S-wave*) waves. The standard assumes that the method used to analyze the data obtained is based on first arrival times or interval arrival times over a measured distance.

1.2 Acceptable interpretation procedures and equipment, such as seismic sources, receivers, and recording systems are discussed. Other items addressed include borehole spacing, drilling, casing, grouting, deviation surveys, and actual test procedures.

1.3 These test methods are primarily concerned with the actual test procedure, data interpretation, and specifications for equipment which will yield uniform test results.

1.4 All recorded and calculated values shall conform to the guide for significant digits and rounding established in Practice D6026.

1.4.1 The procedures used to specify how data are collected/recorded and calculated in these test methods are regarded as the industry standard. The procedures used do not consider material variation, purpose for obtaining the data, special purpose studies, or any considerations for the user's objectives. Measurements made to more significant digits or better sensitivity than specified in these test methods shall not be regarded a nonconformance with this standard.

1.5 Units—The values stated in either SI units or inch-pound units [presented in brackets] are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard. Reporting of test results in units other than SI shall not be regarded as nonconformance with this test method.

1.6 *This standard does not purpose to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D653 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

D3740 Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction

D6026 Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

3 Terminologi

3.1 Definisi:

3.1.1 Untuk definisi istilah teknis umum dalam standar ini, lihat Terminologi D653.

3.2 Definisi Istilah khusus untuk standar ini:

3.2.1 rangkaian gelombang seismik– rekaman gerak gangguan seismik terhadap waktu.

4 Ringkasan metode uji

4.1 Uji seismik *crosshole* melakukan pengukuran langsung dari kecepatan gelombang-P, atau kecepatan Gelombang-S, di dalam lubang bor terutama yang merambat melalui tanah. Pada kedalaman yang dipilih di bawah lubang bor, sumber seismik lubang bor digunakan untuk menghasilkan rangkaian gelombang seismik. Lubang bor penerima sinyal digunakan untuk mendeteksi kedatangan rangkaian gelombang seismik dalam jarak pengeboran sesuai dengan jarak yang direkomendasikan yaitu 3 m sampai dengan 6 m [10 ft. hingga 20 ft.]. Jarak antara lubang bor pada kedalaman uji diukur dengan menggunakan survei deviasi lubang bor. Lubang bor sebagai sumber seismik dihubungkan ke sistem pemicu perekaman data yang mencatat respon dari lubang bor penerima sinyal, sehingga dapat mengukur waktu tempuh rangkaian gelombang antara sumber dan penerima. Kecepatan Gelombang-P atau Gelombang-S dihitung dari jarak yang ditentukan dan waktu perjalanan untuk masing-masing rangkaian gelombang.

5 Signifikansi dan kegunaan

5.1 Metode seismik *crosshole* menyediakan suatu rancangan dengan informasi terkait kecepatan gelombang seismik dari bahan yang dimaksud dalam catatan **(1).**[2] Data ini dapat digunakan sebagai berikut:

5.1.1 Sebagai masukan untuk analisis statis/dinamis;

5.1.2 Untuk perhitungan modulus geser, modulus Young, dan Poisson rasio (tentukan atau asumsikan nilai densitas);

5.1.3 Untuk menentukan Kelas Situs Seismik gunakan peraturan bangunan gedung yang sesuai; dan

5.1.4 Untuk menilai potensi likuifaksi.

5.2 Asumsi Dasar yang melekat dalam metode uji adalah sebagai berikut:

5.2.1 Lapisan diasumsikan horizontal.

5.2.2 Hukum Refraksi Snellius diterapkan untuk Gelombang-P dan Gelombang-S serta kecepatan yang berasal dari uji *crosshole*. Jika hukum Refraksi Snellius tidak digunakan dalam analisis data uji seismik *crosshole*, harus dicantumkan dalam laporan, dan kecepatan Gelombang-P dan Gelombang-S yang diperoleh mungkin tidak dapat diandalkan pada interval kedalaman tertentu yang dekat pada perubahan perlapisan tanah **(2)**.

CATATAN 1: Kualitas hasil yang diperoleh melalui metode uji ini bergantung pada kompetensi personel yang melakukannya dan kesesuaian peralatan serta fasilitas. Lembaga yang memenuhi kriteria ASTM D3740 umumnya dianggap memenuhi kompetensi dan tujuan pengujian/pengambilan sampel/inspeksi dan sebagainya. Pengguna metode uji ini diperingatkan bahwa sesuai dengan ASTM D3740 tidak berarti sesuai dengan hasil yang diharapkan. Hasil yang dapat diharapkan bergantung pada banyak faktor; ASTM D3740 menyediakan sarana untuk mengevaluasi beberapa faktor tersebut.

[2]nomor-nomor yang dicetak tebal dalam tanda kurung mengacu pada referensi di akhir standar ini

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

3 Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 For definitions of common technical terms in this standard, refer to Terminology D653.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 seismic wave train—the recorded motion of a seismic disturbance with time.

4 Summary of Test Method

4.1 The Crosshole Seismic Test makes direct measurements of P-wave velocities, or S-wave velocities, in boreholes advanced primarily through soil. At selected depths down the borehole, a borehole seismic source is used to generate a seismic wave train. Downhole receivers are used to detect the arrival of the seismic wave train in offset borings at a recommended spacing of 3 to 6 m [10 to 20 ft]. The distance between boreholes at the test depths is measured using a borehole deviation survey. The borehole seismic source is connected to and triggers a data recording system that records the response of the downhole receivers, thus measuring the travel time of the wave train between the source and receivers. The P-wave or S-wave velocity is calculated from the measured distance and travel time for the respective wave train.

5 Significance and Use

5.1 The seismic crosshole method provides a designer with information pertinent to the seismic wave velocities of the materials in question **(1)**.[2] This data may be used as follows:

5.1.1 For input into static/dynamic analyses;

5.1.2 For computing shear modulus, Young's modulus, and Poisson's ratio (provided density is known or assumed);

5.1.3 For determining Seismic Site Class using the appropriate Building Code; and

5.1.4 For assessing liquefaction potential.

5.2 Fundamental assumptions inherent in the test methods are as follows:

5.2.1 Horizontal layering is assumed.

5.2.2 Snell's law of refraction applies to P-waves and S-waves and to the velocities derived from crosshole tests. If Snell's law of refraction is not considered in the analysis of Crosshole seismic testing data, the report shall so state, and the P-wave and S-wave velocities obtained may be unreliable for certain depth intervals near changes in stratigraphy **(2)**.

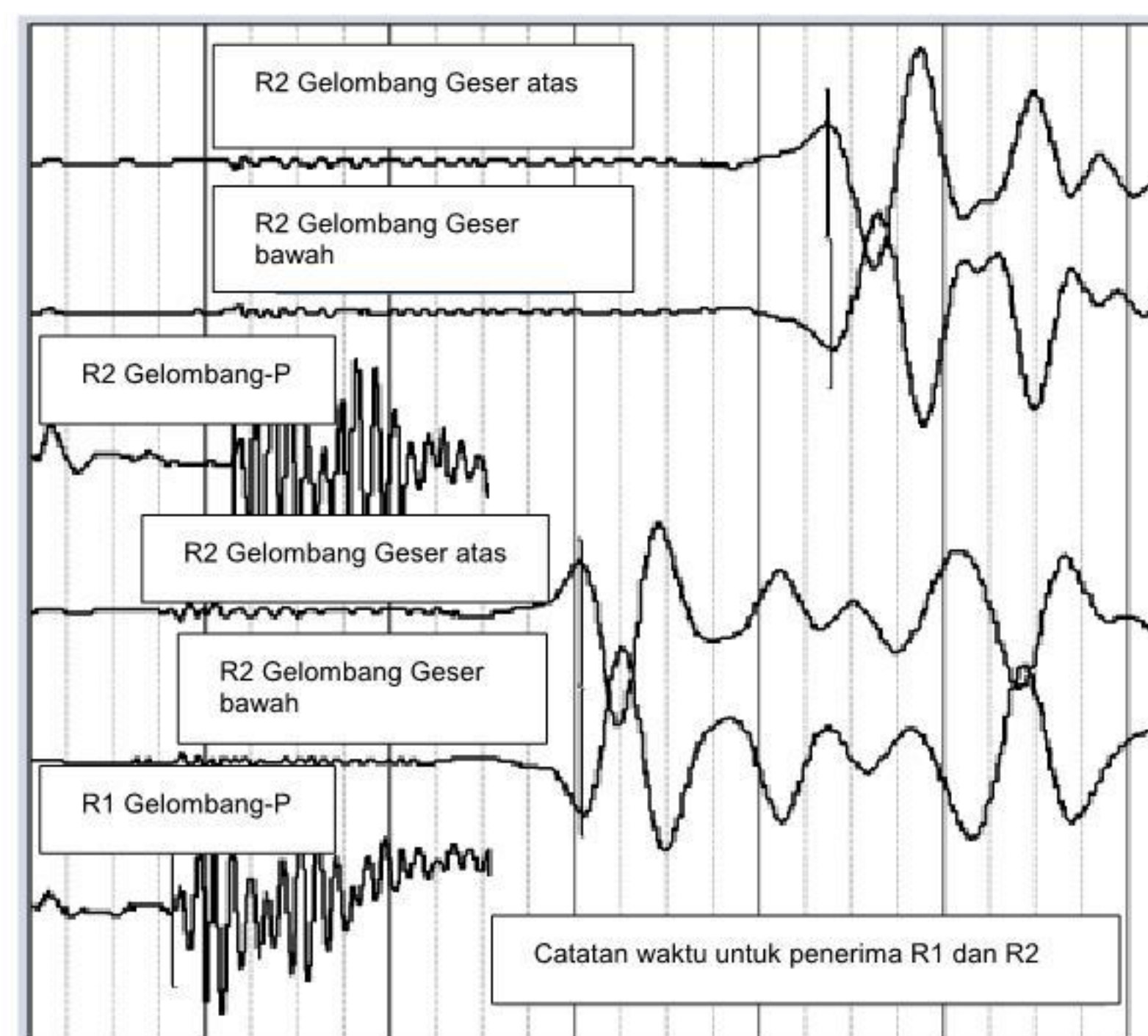
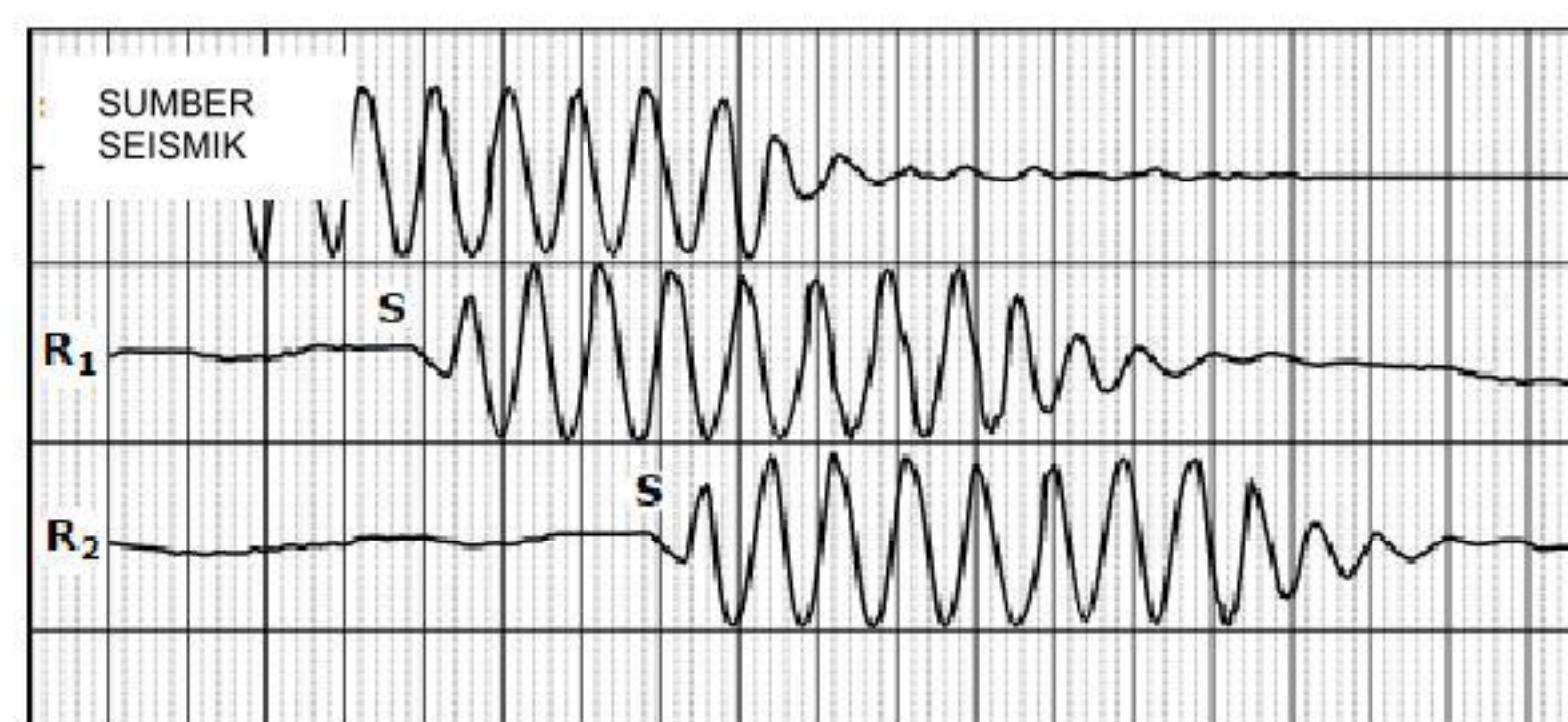
NOTE 1: The quality of the results produced by these test methods is dependent on the competence of the personnel performing it and the suitability of the equipment and facilities. Agencies that meet the criteria of Practice D3740 are generally considered capable of competent and objective testing/sampling/inspection and so forth. Users of these test methods are cautioned that compliance with Practice D3740 does not in itself assure reliable results. Reliable results depend on many factors; Practice D3740 provides a means of evaluating some of those factors.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

6 Peralatan

6.1 Sistem akuisisi data dasar terdiri atas sebagai berikut:

6.1.1 Sumber energi - sumber energi seharusnya banyak mengandung jenis energi yang dibutuhkan, yaitu, untuk menghasilkan data Gelombang-P yang baik, sumber energi harus mengirimkan cukup energi pada media yang mempunyai perubahan secara kompresi atau perubahan volume. Sumber impulsif, seperti peledak, palu, atau *air gun* dapat dijadikan sumber Gelombang-P. Untuk menghasilkan Gelombang-S yang teridentifikasi dengan baik, sumber harus mengirimkan energi ke tanah terutama melalui distorsi. Gelombang-S (SV) yang terpolarisasi secara vertikal paling sering diukur, tetapi Gelombang-S yang terpolarisasi secara horizontal juga sangat berguna. Gambar. 1 dan Gambar. 2 memperlihatkan contoh impuls dan getaran gelombang sumber seismik berurutan. Untuk menghasilkan Gelombang-S yang baik, sumber energi harus berulang dan, meskipun tidak wajib, berurutan. Sumber Gelombang-S harus mampu menghasilkan rangkaian Gelombang-S dengan amplitudo lebih besar dari rangkaian Gelombang-P.

Gambar 1 – Hasil plot waktu pada lubang bor sumber getaran seismik impuls bolak-balik yang menunjukkan rangkaian Gelombang-P dan Gelombang-S.

Gambar 2 – Hasil plot waktu pada lubang bor sumber getaran seismik (hanya menghasilkan rangkaian gelombang-S)

6 Apparatus

6.1 The basic data acquisition system consists of the following:

6.1.1 Energy Sources-The source shall be rich in the type of energy required, that is, to produce good P-wave data, the energy source must transmit adequate energy to the medium in compression or volume change. Impulsive sources, such as explosives, hammers, or air guns, are all acceptable P-wave generators. To produce an identifiable S-wave, the source shall transmit energy to the ground primarily by distortion. Vertically polarized S-waves (SV) are most commonly measured, but horizontally polarized S-waves are also very useful. Fig. 1 and Fig.2 show examples of impulse and vibratory seismic source wave trains respectively. For good S-waves, energy sources must be repeatable and, although not mandatory, reversible. The S-wave source must be capable of producing an S-wave train with an amplitude greater than the P-wave train.

FIG. 1 Reversible Impulse Seismic Source Time Plot Showing Both P-Wave and S-Wave Trains

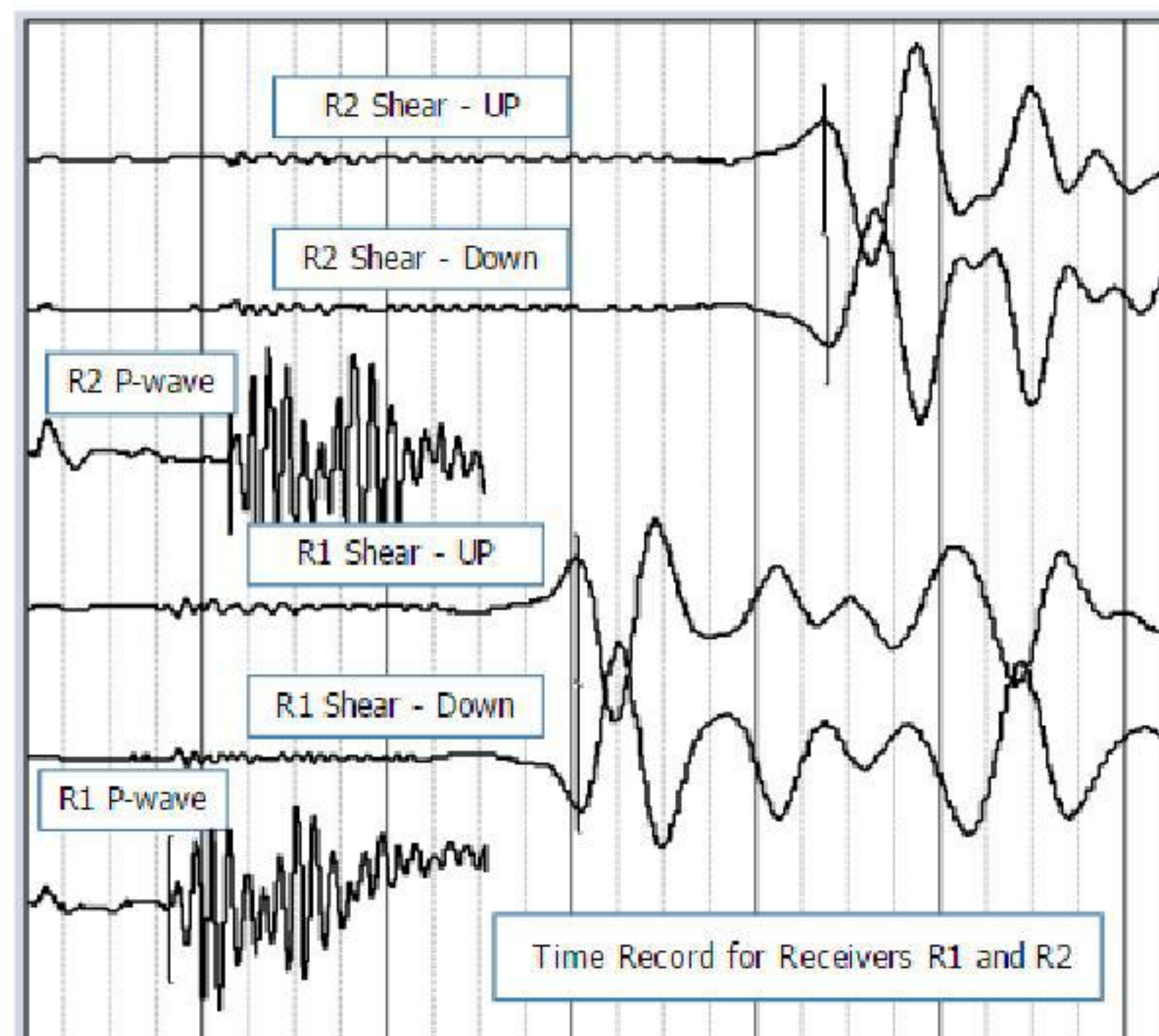
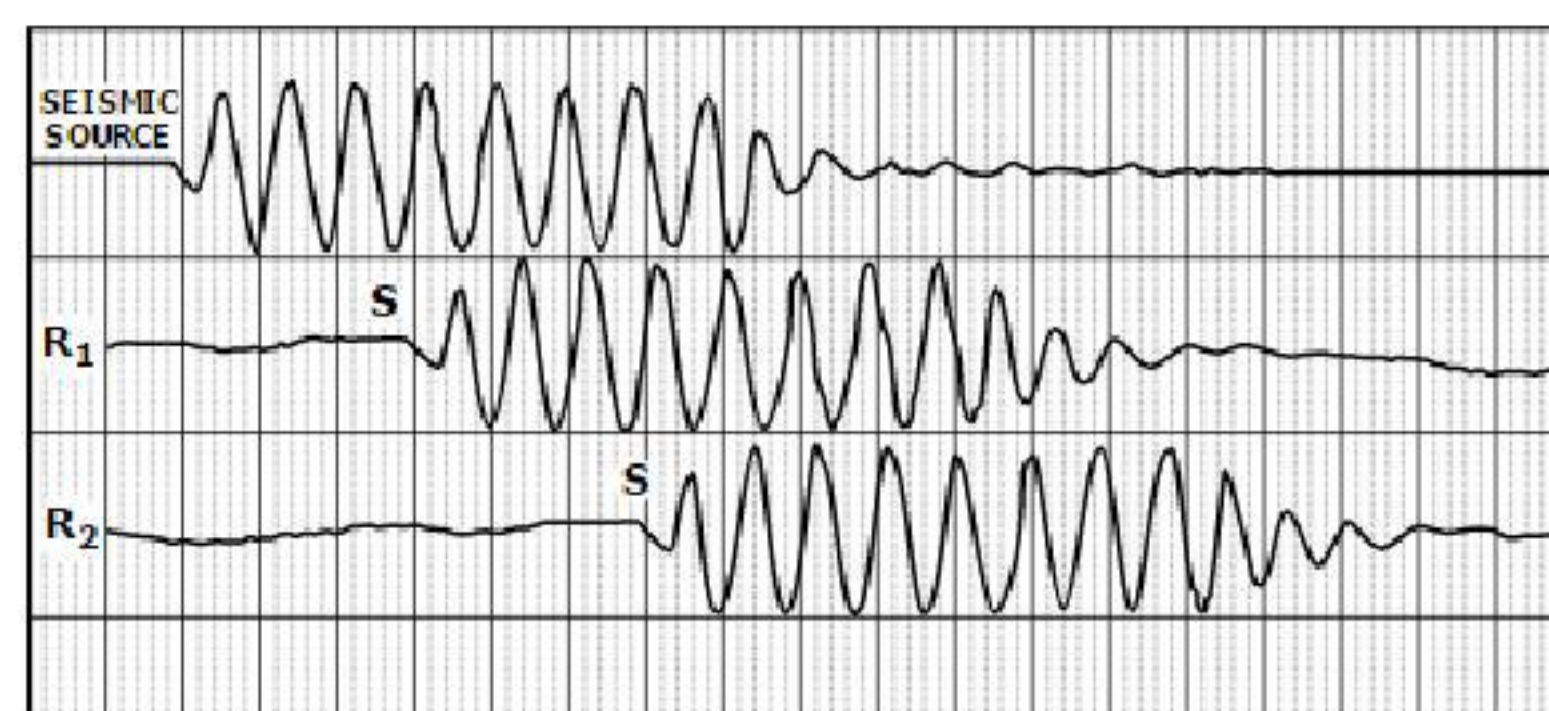



FIG. 2 Borehole Vibratory Seismic Source Time Plot (Produces S-Wave Train Only)

“Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan”

6.1.2 Penerima - Penerima yang digunakan dalam uji *crosshole* harus *transducer* yang memiliki karakteristik frekuensi dan sensitivitas yang tepat untuk menentukan kedatangan rangkaian gelombang seismik. Contoh tipikal di antaranya *geophone* dan *accelerometer*. Gelombang-S biasanya ada pada kisaran 50 hingga 500 Hz bergantung pada sifat tanah dan mekanisme sumber sinyal sedangkan Gelombang-P mungkin dapat mencapai 2.000 Hz. Hal ini penting karena penerima memiliki respon datar melebihirentang frekuensi ini. Hal tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan geofon beresonansi di bawah 10 Hz atau akselerometer beresonansi di atas 10.000 Hz. Merupakan hal penting untuk membuat semua penerima yang digunakan dalam pengujian mempunyai jenis yang sama dan dengan karakteristik yang cocok. Setiap unit penerima biasanya akan terdiri atas tiga penerima yang dikombinasikan secara ortogonal untuk membentuk rangkaian triaksial, yaitu satu penerima vertikal dan dua penerima horizontal dipasang di sudut kanan, satu ke yang lain. Dalam pengaturan triaksial ini, hanya komponen vertikal akan digunakan untuk menentukan kedatangan sebuah Gelombang-SV (Gelombang-S di bidang vertikal). Penerima yang berorientasi horizontal harus digunakan untuk menentukan kedatangan sebuah Gelombang-SH (Gelombang-S pada bidang horizontal). Gelombang-P dapat dideteksi oleh salah satu dari ketiga komponen tersebut. Penerima yang berorientasi radial akan menghasilkan sensitivitas terbaik. Ketentuan harus dibuat untuk penerima (s) yang menempel kuat dengan dinding lubang bor atau selubung. Contoh metode yang dapat diterima meliputi: *air bladder*, *wedge*, *stiff spring*, atau *mechanical expander*.

6.1.3 Sistem perekaman:

6.1.3.1 Sistem ini terdiri atas saluran rekam terpisah, satu untuk masing-masing penerima sedang direkam, memiliki setidaknya 12 bit resolusi. Akurasi waktu semua instrumen yang digunakan dalam pengukuran waktu perjalanan harus dikalibrasi oleh instansi pemerintah terkait. Akurasi skala waktu dapat ditunjukkan dengan menginduksi dan merekam sinyal gelombang persegi yang berosilasi pada 1000 Hz yang berasal dari *quartz-controlled oscillator* yang telah dikalibrasi. Resolusi waktu harus 0,1 msec. Ketepatan waktu harus ditunjukkan untuk semua skala waktu yang digunakan selama pelaksanaan uji.

6.1.3.2 Data mentah harus direkam secara langsung tanpa penyaringan kecuali untuk penerapan filter anti-aliasing yang diatur antara 0,3 sampai 0,4 kali frekuensi pengambilan sampel;. Pemilihan atau proses berikut lainnya harus memperhatikan kemungkinan pergeseran waktu atau distorsi dari kedatangan rangkaian gelombang seismik.

6.1.3.3 Bila kecepatan telah ditentukan dengan menggunakan waktu tempuh antara sumber (S) dan dua penerima (R1 dan R2), sinyal harus direkam dengan cara seperti yang ketepatan waktu dari acuan kedatangan Gelombang-P dan Gelombang-S terhadap pembentukan sumber gempa sesaat yang dapat ditentukan dalam 0,1 ms. Sebagai contoh, sebuah sumber seismik dalam lubang dan dua penerima bisa merekam beberapa kali untuk menunjukkan akurasi dan konsistensi dengan membandingkan kecepatan pada S-R1 dan S-R2 dengan jalur R1-R2. Ketika hanya dua lubang bor yang digunakan dan kecepatan ditentukan oleh interval waktu S-R1, catatan keakuratan relatif terhadap pembentukan sumber gempa sesaat harus disediakan. Ketika kecepatan hanya ditentukan menggunakan interval waktu antara R1 dan R2 serta rekaman simultan R1 dan R2, waktu pemicu tidak diperlukan.

6.1.3.4 Rekaman permanen harus dibuat dari pekerjaan seismik untuk memungkinkan kaji ulang berikutnya dan analisis data.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

6.1.2 Receivers—The receivers intended for use in the crosshole test shall be transducers having appropriate frequency and sensitivity characteristics to determine the seismic wave train arrivals. Typical examples include geophones and accelerometers. S-waves are typically in the range of 50 to 500 Hz depending on the soil properties and signal source mechanism while P-waves may be as high as 2000 Hz. It is important that the receivers have a flat response over this range of frequencies. This can be accomplished by using geophones with a resonance at or below 10 Hz or accelerometers with a resonance at or above 10 000 Hz. It is important that all receivers used in the testing be of the same type and with matched characteristics. Each receiving unit will normally consist of three receivers combined orthogonally to form a triaxial array, that is, one vertical and two horizontal receivers mounted at right angles, one to the other. In this triaxial arrangement, only the vertical component will be acceptable for determining the arrival of an SV-wave (S-wave in the vertical plane). Horizontally oriented receivers must be used for determining the arrival of an SH-wave (S-wave in the horizontal plane). The P-wave may be detected by any of the three components. The one oriented radially will provide the best sensitivity. Provision must be made for the receivers(s) to be held in firm contact with the sidewall of the borehole or casing. Examples of acceptable methods include: air bladder, wedge, stiff spring, or mechanical expander.

6.1.3 Recording System:

6.1.3.1 The system shall consist of separate recording channels, one for each receiver being recorded, having at least 12 bits of resolution. The timing accuracy of all instruments that are used in the travel time measurements shall be calibrated traceable to an appropriate government standards agency. Time scale accuracy may be demonstrated by inducing and recording an oscillating square wave signal of 1000 Hz derived from a calibrated quartz-controlled oscillator. Timing shall be to a resolution of 0.1 msec. Timing accuracy shall be demonstrated for all time scales used during the conduct of the tests.

6.1.3.2 Raw data shall be recorded directly without filtering except for the application of anti-aliasing filters which are set between 0.3 to 0.4 times the sampling frequency. Filtering or other post processing must pay attention to possible time shifting or distortion of the seismic wave train arrivals.

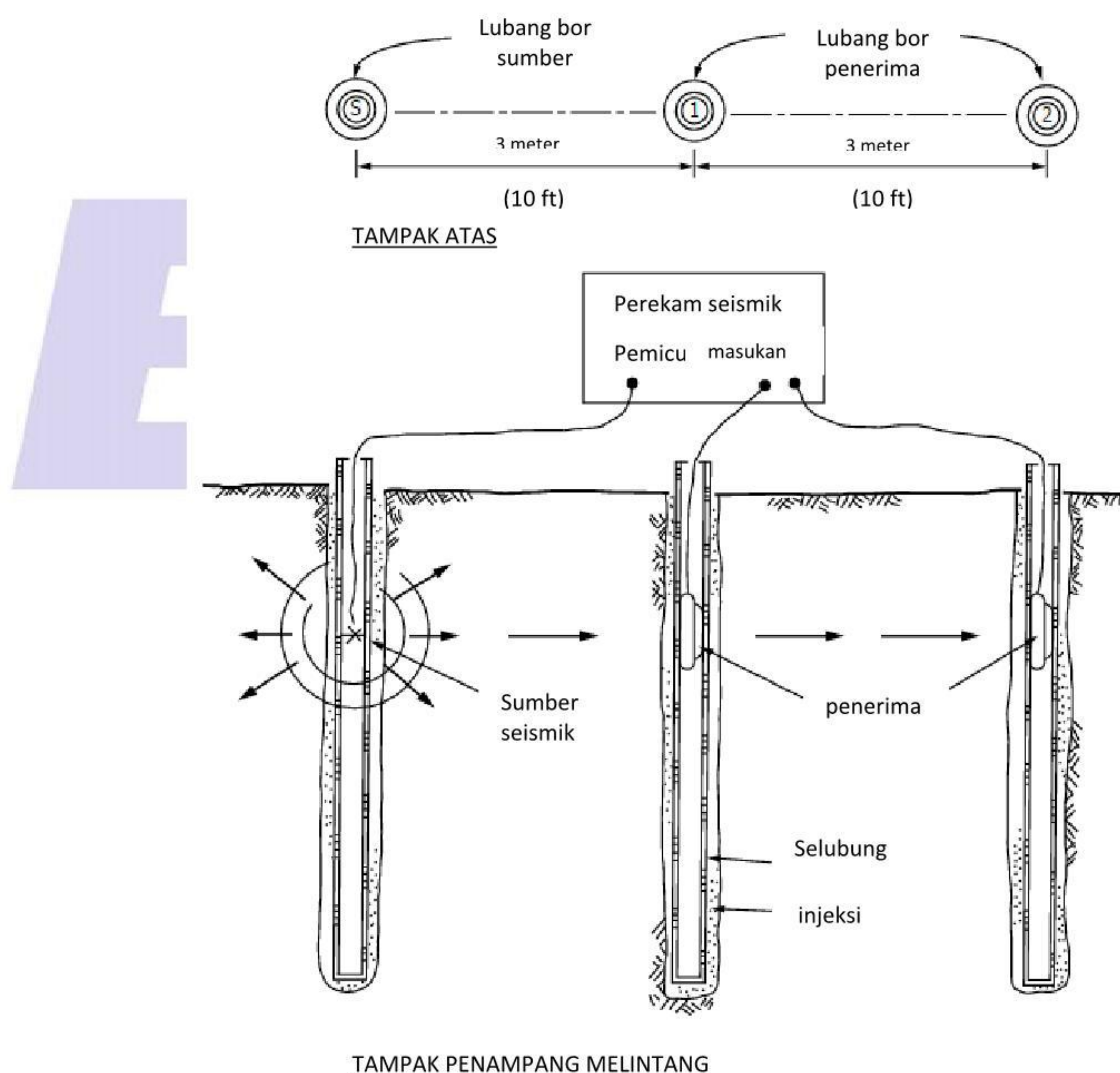
6.1.3.3 When velocities are determined using the travel time between a source (S) and two receivers (R1 and R2), the signals shall be recorded in a manner such that precision timing of the P- and S-wave arrival referenced to the instant of seismic source activation can be determined within 0.1 ms. For example, a seismic in-hole source and two receivers could be recorded multiple times to demonstrate accurate and consistent triggering by comparing the velocities determined for S-R1 and S-R2 with R1-R2 paths. When only two boreholes are used and velocities are determined by time interval S-R1, documentation of the trigger accuracy relative to the instant of seismic source generation must be provided. When velocities are determined using only the time interval between R1 and R2 and a simultaneous recording of R1 and R2, the trigger time is not needed.

6.1.3.4 Permanent records shall be made of the seismic events to allow for subsequent review and analysis of the data.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

7 Prosedur

7.1 Persiapan lubang bor:

7.1.1 Rekomendasi tata letak untuk pengujian *crosshole* adalah dengan menggabungkan tiga atau lebih lubang bor dalam satu garis lurus meskipun dua lubang bor dapat digunakan. Tiga lubang dapat menghasilkan redundansi yang tidak dapat dilakukan dengan dua lubang. Penggunaan dua lubang akan sesuai dengan prosedur ini jika akurasi pembentukan ditunjukkan dan didokumentasikan (6.1.3.3). Jarak lubang bor harus diukur untuk resolusi ± 0,02 m. Azimut lubang bor harus diukur untuk resolusi ± 1 derajat dari arah referensi yang ditetapkan. Ketinggian lubang bor harus diukur dengan ketepatan ± 0,1 m. Jarak antara lubang bor sumber dan lubang bor penerima pertama harus 1,5 m sampai dengan 3 m [5 ft. sampai dengan 10 ft.] dan jarak antara lubang bor penerima selanjutnya harus 3 m sampai dengan 6 m [l0 ft. sampai dengan 20 ft.]. Tata letak *crosshole* secara umum diilustrasikan pada Gambar. 3. Untuk dua lubang bor, jarak antara lubang bor sumber dan lubang bor penerima harus 1,5 m sampai dengan 5 m [5 ft. sampai dengan 15 ft.].

Gambar 3 – Tipikal uji seismik *crosshole*

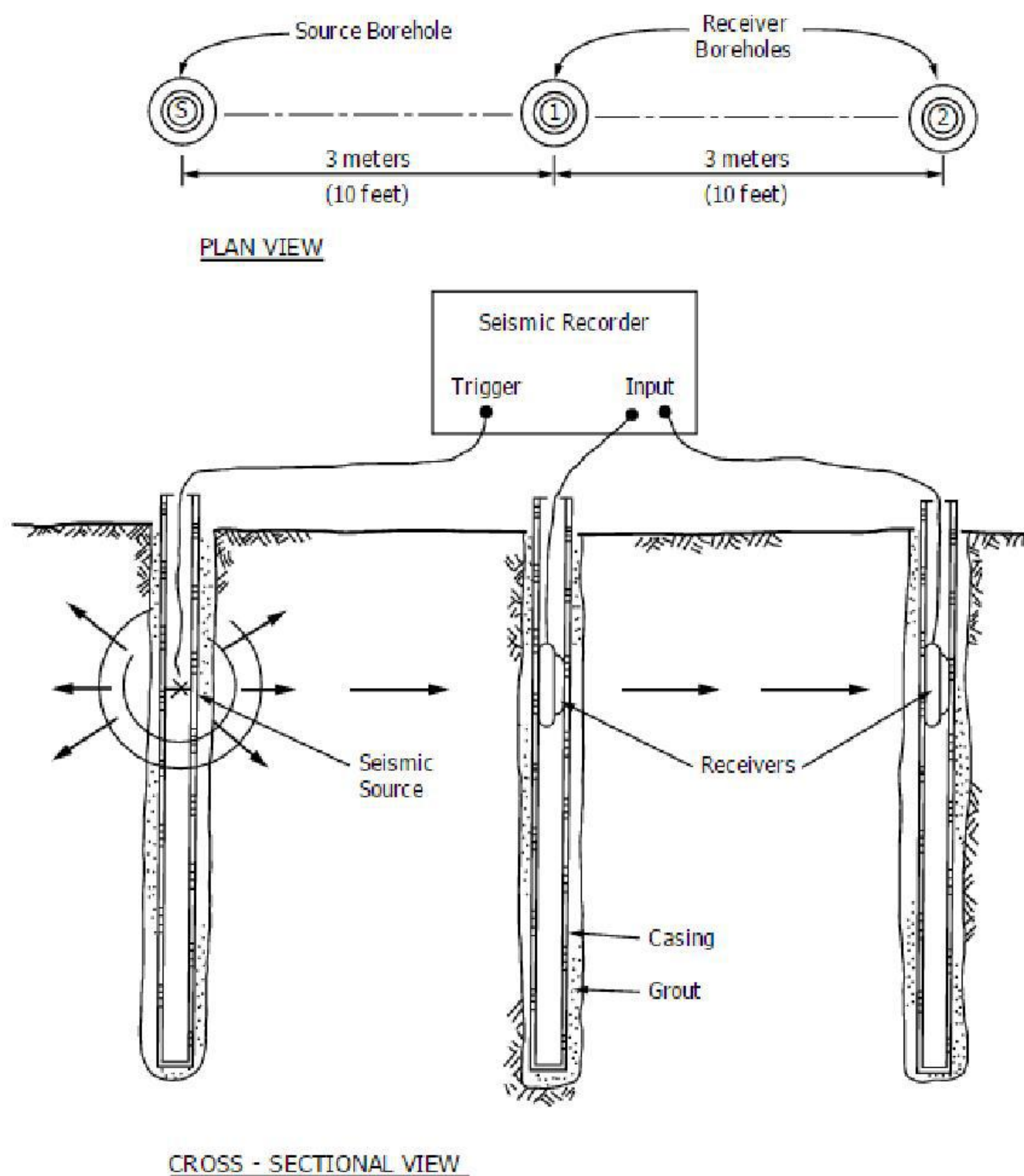
CATATAN 1: Jarak mungkin berbeda bergantung kondisi lokasi.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

7 Procedure

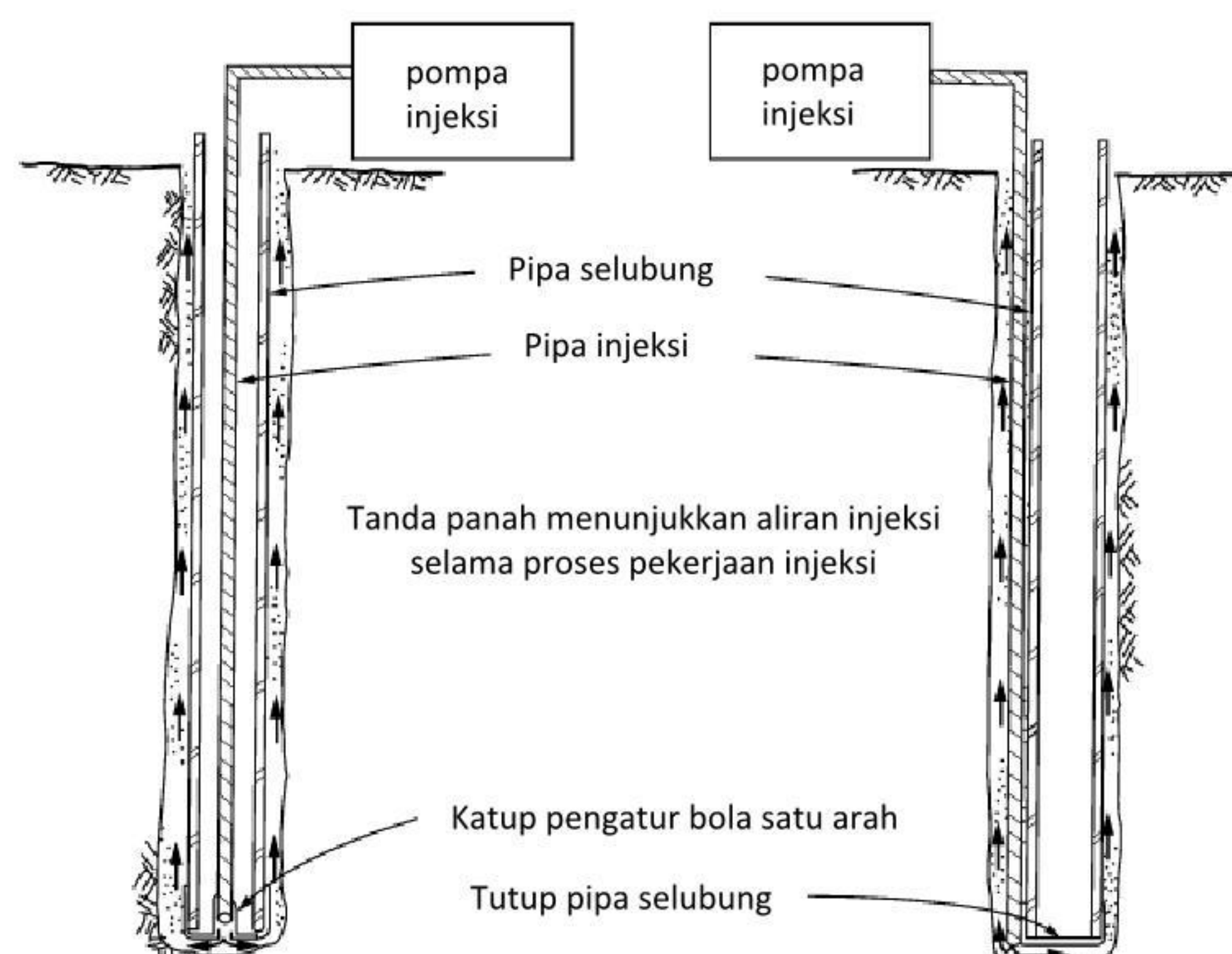
7.1 Borehole Preparation:

7.1.1 The recommended layout for crosshole testing incorporates three or more boreholes in line although two boreholes may be used. Three holes provide a level of redundancy not provided with two holes. Use of only two holes will be in compliance with this procedure if trigger accuracy is demonstrated and documented (6.1.3.3). Borehole spacing must be measured to a resolution of ±0.02 m. Borehole azimuth must be measured to a resolution of ±1 degrees of a designated reference direction. Borehole elevations must be measured to a precision of ±0.1 m. Spacing between the source borehole and the first receiver borehole shall be 1.5 to 3 m [5 to 10 ft] and the distance between subsequent receiver boreholes shall be 3 to 6 m [l0 to 20 ft] apart. A typical layout is illustrated in Fig. 3. For two boreholes, spacing between the source borehole and the receiver borehole shall be 1.5 to 5 m [5 to 15 ft].

FIG. 3 Typical Crosshole Seismic Test

NOTE 1: Spacing may vary with site conditions.

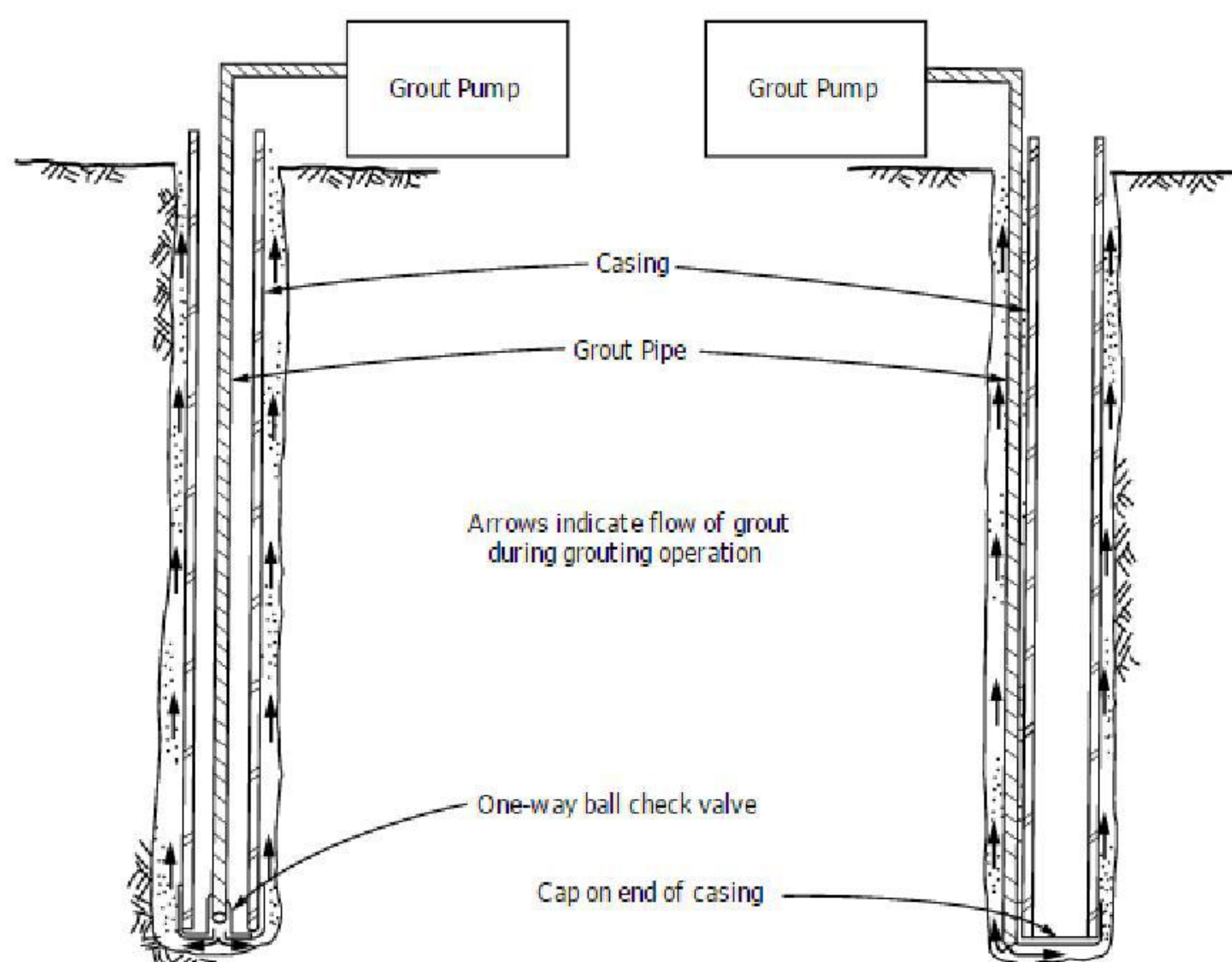
"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

“Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan”

7.1.1.1 Pengeboran dengan pipa lindung - Jika pipa lindung digunakan untuk tempat penerima maka harus dilakukan *grouting* pada tempat tersebut. Lakukan pengeboran pada lubang bor, dengan mengurangi gangguan sesedikit mungkin pada dinding samping, dengan diameter tidak lebih besar dari yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian. Setelah pengeboran selesai, lindungi lubang bor dengan pipa lindung dari PVC atau alumunium yang berdiameter dalam 50 mm sampai dengan 100 mm [2 inci sampai dengan 4 inci] , dengan mempertimbangkan ukuran sumber *borehole* dan penerima *downhole*. Sebelum memasukkan pipa lindung, tutup bagian bawah pipa lindung dengan penutup pipa lindung yang memiliki katup bola uji satu arah yang mampu menampung 38 mm [02/11 inchi] di luar diameter pipa *grouting*. Jika pipa *tremie* yang digunakan untuk penggalian, katup bola uji tidak diperlukan. Masukkan pipa lindung ke dasar lubang bor. Lakukan pekerjaan injeksi semen pada pipa lindung di tempat dengan cara *(1)* masukkan pipa PVC 38 mm [$1^1/_2$ inchi] melalui pusat pipa lindung, hubungkan katup satu arah dengan tutup pipa lindung (Gbr. 4 (kiri)), atau (2) dengan tabung injeksi semen berdiameter kecil yang dimasukkan ke dasar lubang bor di antara pipa lindung dan dinding lubang bor (Gbr. 4 (kanan)). Metode lain yang dapat diterima adalah dengan mengisi lubang bor dengan injeksi semen yang akan memindahkan cairan yang mengisi pipa lindung. Campuran injeksi semen harus dirumuskan untuk mendekati berat satuan material di sekitarnya setelah pemadatan. Bagian pengeboran yang menembus batuan harus di-*grouting* dengan semen Portland yang akan mengeras dengan berat satuan sekitar 22 kN/m^3 [satuan berat dari 140 lb/ft^3]. Bagian pengeboran yang bersentuhan dengan tanah, pasir, atau kerikil harus di-*grouting* dengan campuran yang menghasilkan simulasi rata-rata berat isi dari bahan (sekitar 18 kN/m^3 sampai dengan 19 kN/m^3 [110 pon/ft^3 sampai dengan 120 pon/ft^3]) melalui campuran awal 4,4 N [1 lb] bentonit dan 4,4 N [1 lb] semen Portland dengan 27 N [6,25 lb] air. Angkur pipa lindung dan pompa injeksi secara konvensional, pompa sirkulasi dapat menggerakan bahan injeksi melalui pipa injeksi ke bagian bawah pipa lindung dan naik dari dasar lubang bor (Gambar. 4). Menggunakan prosedur ini, ruang anular di antara dinding samping lubang bor dan pipa lindung akan diisi dari bawah ke atas secara seragam menggeser lumpur dan puing-puing agar gangguan dinding seminimal mungkin. Jaga pipa lindung tetap terikat dan biarkan semen injeksi mengeras untuk persiapan sebelum pengukuran deviasi atau pengujian *crosshole* dilakukan. Campuran injeksi semen ini tidak akan menjadi keras tetapi akan menjadi gel kaku. Jika penyusutan terjadi di dekat mulut lubang bor, injeksi semen tambahan harus dimasukkan sampai ruang anular diisi sampai rata dengan permukaan tanah **(3).**

Gambar 4 - Teknik injeksi semen (*grouting*) yang disarankan

7.1.1.1 *Borings with Casing*—If casing is used to house the receivers it shall be grouted in place. Drill the boreholes, with minimum sidewall disturbance, to a diameter no greater than required to perform the test. After the drilling is completed, case the borings with 50 to 100 mm [2 to 4 in.] inside diameter PVC pipe or aluminum casing, taking into consideration the size of the borehole source and downhole receivers. Before inserting the casing, close the bottom of the casing pipe with a cap which has a one way ball-check valve capable of accommodating 38 mm [$1^1/_2$ in.] outside diameter grout pipe. If a tremie pipe is used for the grouting, a ball check valve is not needed. Insert the casing down to the bottom of the borehole. Grout the casing in place by (*1*) inserting a 38 mm [$1^1/_2$ in.] PVC pipe through the center of the casing, contacting the one-way valve fixed to the end cap (Fig. 4 (left side)), or (*2*) by a small diameter grout tube inserted to the bottom of the borehole between the casing and the borehole sidewall (Fig. 4 (right side)). Another acceptable method would be to fill the borehole with grout which would be displaced by end-capped fluid-filled casing. The grout mixture shall be formulated to approximate closely the unit weight of the surrounding in situ material after solidification. That portion of the boring that penetrates rock shall be grouted with ordinary portland cement which will harden to a unit weight of about 22 kN/m^3 [unit weight of 140 lb/ft^3]. That portion of the boring in contact with soils, sands, or gravels shall be grouted with a mixture simulating the average unit weight of the medium (about 18 to 19 kN/m^3 [110 to 120 lb/ft^3]) by premixing 4.4 N [1 lb] of bentonite and 4.4 N [1 lb] of portland cement to 27N [6.25 lb] of water. Anchor the casing and pump the grout using a conventional, circulating pump capable of moving the grout through the grout pipe to the bottom of the casing and upward from the bottom of the borehole (Fig. 4). Using this procedure, the annular space between the sidewall of the borehole and the casing will be filled from bottom to top in a uniform fashion displacing mud and debris with minimum sidewall disturbance. Keep the casing anchored and allow the grout to set before deviation measurement or crosshole testing is performed. This grout mix will not set hard but will become a "rigid" gel. If shrinkage occurs near the mouth of the borehole, additional grout shall be inserted until the annular space is filled flush with the ground surface **(3)**.

FIG. 4 Acceptable Grouting Techniques

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

7.1.1.2 Pengeboran tanpa pipa lindung - Dalam beberapa situasi, survei dapat dilakukan tanpa pipa lindung dalam lubang bor penerima. Penerima harus ditempatkan bersentuhan dengan dinding samping lubang bor selama pengukuran. Survei deviasi lubang bor (7.2) dapat dilakukan dengan pipa lindung (jika perlu) sementara dipasang tanpa dilakukan injeksi semen di tempat.

7.2 Survei deviasi lubang bor - Survei deviasi lubang bor harus dilakukan untuk menentukan keakuratan jarak pada elevasi uji seismik.

7.2.1 Lakukan survei deviasi lubang bor di semua pengeboran *crosshole* dengan peralatan yang mampu mengukur keselarasan alinyemen vertikal setiap lubang. Peralatan harus memiliki kemampuan menentukan kemiringan dengan sensitivitas 0,3°. Informasi yang diperoleh akan memungkinkan penyidik untuk menghitung posisi horizontal pada kedalaman berapapun dalam lubang bor sehingga jarak sebenarnya antar lubang dapat dihitung.

7.2.1.1 Kumpulkan data deviasi pada interval tidak melebihi 3,0 m [10 ft.] sampai dasar pengeboran. Ulangi pengukuran pada saat penarikan dengan interval yang sama sampai berakhir di mulut lubang bor.

7.3 Uji *crosshole*:

7.3.1 Mulailah uji *crosshole* dengan menempatkan sumber energi di lubang sumber pada kedalaman tidak lebih dari 1,5 m [5 ft] (Gambar. 3) kedalam lapisan yang sedang diselidiki. Tempatkan dua penerima pada ketinggian yang sama di masing-masing lubang penerima yang diinginkan. Jepit sumber dan penerima ke dinding lubang bor masing-masing. Periksa alat perekam dan verifikasi waktu. Aktifkan sumber energi dan tampilkan hasil kedua penerima secara bersamaan pada alat perekam. Sesuaikan amplitudo sinyal dan durasi baik rangkaian Gelombang-P atau Gelombang-S, atau keduanya, tampilkan secara utuh.

7.3.1.1 Hasil terbaik akan diperoleh dengan melakukan dua uji terpisah: satu dioptimalkan untuk pemulihan Gelombang-P (sapuan tercepat/kecepatan rekam, penguatan (*gain*) yang lebih tinggi) dan yang kedua untuk pemulihan Gelombang-S (sapuan lebih lambat/kecepatan rekam, penguatan (*gain*) yang lebih kecil). Jika menggunakan peralatan yang lebih baik, ulangi aktivasi sumber energi sampai hasil yang optimal didapatkan. Lakukan uji kedua dengan menurunkan sumber energi dan penerima sesuai dengan stratifikasi yang diketahui, tapi tidak lebih besar dari 1,5 m [5.0 ft.] dari lokasi uji sebelumnya pada pengeboran tersebut dan ulangi prosedur di atas. Lakukan berdasarkan pengujian yang telah berhasil dengan interval yang ditentukan oleh stratifikasi, atau lakukan pengujian pada interval kedalaman 1,5 m [5 ft.] sampai kedalaman lubang bor maksimum telah tercapai.

8 Reduksi data dan interpretasi

8.1 Survei deviasi - Tujuan utama dari survei deviasi lubang bor adalah untuk menetapkan posisi spasial dari lubang bor di semua kedalaman. Kecepatan gelombang seismik akan dihitung dengan menentukan jarak garis lurus, l, dari sumber ke penerima. Untuk melakukan hal ini, data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

E_S = elevasi puncak lubang sumber,
E_G = elevasi puncak lubang geofon,
D_S = kedalaman sumber seismik,
D_G = kedalaman geofon ,
L = jarak horizontal antara bagian atas lubang sumber dan lubang geofon,
φ = azimut terhadap utara dari atas lubang sumber ke lubang geofon,
x_S = penyimpangan utara dari lubang bor sumber di kedalaman sumber,
y_S = penyimpangan timur dari lubang bor sumber di kedalaman sumber,
x_G = penyimpangan utara dari lubang bor geophone pada kedalaman geofon, dan
y_G = penyimpangan timur dari lubang bor geophone di kedalaman geofone.

8.1.1 Persamaan berikut untuk menentukan jarak garis lurus, l, dari sumber ke geofon menggunakan data 8.1:

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

$$l = \sqrt{[(E_S - D_S) - (E_G - D_G)]^2 + (L\cos\phi + x_G - x_S)^2 + (L\sin\phi + y_G - y_S)^2} \quad (1)$$

7.1.1.2 *Borings without Casing*—In some situations the survey may be performed without casing in the receiver holes. The receivers must be held in firm contact with the sidewall of the borehole during the measurements. The Borehole Deviation Survey (7.2) may be conducted with casing (if necessary) temporarily installed without being grouted in place.

7.2 Borehole Deviation Survey—A borehole deviation survey must be conducted in order to accurately determine the spacing at the elevations of the seismic tests.

7.2.1 Conduct a borehole deviation survey in all crosshole borings with an instrument capable of measuring the precise vertical alignment of each hole. The instrument must have the capability of determining tilt with a sensitivity of 0.3°. Information thus obtained will enable the investigator to compute the horizontal position at any depth within the borehole so that the actual distance between the holes can be computed.

7.2.1.1 Obtain deviation data at intervals not exceeding 3.0 m [10 ft] to the bottom of the boring. Repeat the measurements on the withdrawal trip at the same intervals so that closure can be determined at the mouth of the borehole.

7.3 Crosshole Test:

7.3.1 Begin the crosshole test by placing the energy source in the source hole at a depth no greater than 1.5 m [5 ft] (Fig. 3) into the stratum being investigated. Place the two receivers at the same elevation in each of the designated receiver holes. Clamp the source and receivers firmly into place. Check recording equipment and verify timing. Activate the energy source and display both receivers simultaneously on the recording device. Adjust the signal amplitude and duration such that the P-wave train or S-wave train, or both, are displayed in their entirety.

7.3.1.1 Best results will be obtained by performing two separate tests: one optimized for P-wave recovery (fastest sweep/recorder rate, higher gain settings) and the second for S-wave recovery (slower sweep/recorder rate, lower gain settings). If enhancement equipment is being used, repeatedly activate the energy source until optimum results are displayed. Perform the second test by lowering the energy source and receivers to a depth dictated by known stratification, but no greater than 1.5 m [5.0 ft] from the previous test locations in the borings and repeat the above procedure. Perform succeeding tests at intervals determined by stratification, or tests at depth intervals of 1.5 m [5 ft] until the maximum borehole depth has been reached.

8 Data Reduction and Interpretation

8.1 Deviation Survey—The primary objective of the borehole deviation survey is to establish the spatial position of the boreholes at all depths. Seismic wave velocities will be computed by determining the straight-line distance, *l*, from source to receivers. To do this, the following data are needed:

E_S = elevation of the top of the source hole,
E_G = elevation of the top of the geophone hole,
D_S = depth of the seismic source,
D_G = depth of the geophone,
L = horizontal distance between the top of the source hole and geophone hole,
ϕ = azimuth with respect to north from the top of the source hole to the geophone hole,
x_S = the north deviation of the source borehole at the source depth,
y_S = the east deviation of the source borehole at the source depth,
x_G = the north deviation of the geophone borehole at the geophone depth, and
y_G = the east deviation of the geophone borehole at the geophone depth.

8.1.1 The following equation determines the straight-line distance, *l*, from source to geophone using the data of 8.1:

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

$$l = \sqrt{[(E_S - D_S) - (E_G - D_G)]^2 + (L\cos\phi + x_G - x_S)^2 + (L\sin\phi + y_G - y_S)^2} \quad (1)$$

Kecepatan semu sama dengan/dibagi dengan waktu tempuh antara sumber dan penerima. Ketika menghitung kecepatan semu antara dua penerima, jarak adalah perbedaan antara jarak dari sumber terhadap penerima masing-masing.

8.2 Identifikasi rangkaian gelombang:

8.2.1 Dalam kondisi ideal identifikasi kedatangan Gelombang-P dan Gelombang-S akan mirip dengan yang ditunjukkan pada Gambar. 1. Dalam situasi lain beberapa penilaian diperlukan untuk mengidentifikasi kedatangan Gelombang-S. Gelombang-S mungkin sering diidentifikasi pada ciri seismik dengan karakteristik sebagai berikut:

8.2.1.1 Berupa lonjakan amplitudo sesaat di atas rangkaian Gelombang-P, dan

8.2.1.2 Berupa perubahan frekuensi yang tiba-tiba bertepatan dengan perubahan amplitudo.

8.2.1.3 Jika polaritas sumber gempa dibalik, kedatangan Gelombang-S ditentukan sesuai kriteria yang ada pada 8.2.1.1 dan 8.2.1.2 serta perubahan polaritas 180° harus dimunculkan sebagai catatan. Rekaman secara terpisah terhadap seluruh gelombang yang diperhatikan harus dibuat. Rekaman lanjutan pada pengaturan tambahan (*gain*) yang lebih tinggi mungkin dapat dibuat dengan pemotongan gelombang setelah direkam kedatangan diidentifikasi secara jelas.

8.2.2 Jika sumber getaran Gelombang-S terpolarisasi vertikal (sebagai lawan sumber benturan) digunakan, perbedaan waktu antara Penerima 1 dan 2 dapat disediakan informasi interval waktu yang diperlukan untuk perhitungan kecepatan Gelombang-S tanpa kedatangan awal tercatat dengan baik. (Lihat Catatan 2 di bawah ini.) Jenis sumber ini pada umumnya tidak mudah menghasilkan sinyal Gelombang-P yang teridentifikasi.

CATATAN 2: Disamping kondisi ideal sering terdapat kondisi dimana kedatangan pertama seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 1 tidak mudah ditentukan dari jejak waktu. Hal ini mungkin disebabkan oleh pantulan gelombang dan fenomena lain sebagai perjalanan sinyal antara sumber dan penerima. Teknik analisis sinyal yang memperhitungkan efek seperti itu harus menyediakan sarana untuk penentuan Gelombang-S dan mungkin kecepatan Gelombang-P. Teknik tersebut tidak dibahas dalam standar ini tetapi diterima jika dicantumkan dalam laporan.

8.3 Tabulasi data:

8.3.1 Tiga waktu tempuh secara terpisah dihitung dari pengukuran sebagai berikut:

8.3.1.1 Sumber ke penerima 1,

8.3.1.2 Sumber ke penerima 2, dan

8.3.1.3 Perbedaan waktu antara penerima 1 dan 2.

8.3.2 Tentukan penambahan kecepatan berdasarkan pembagian beda jarak radial antara sumber dan penerima R1 dan R2 dengan perbedaan waktu kedatangan antara R2 dan R1. (Lihat catatan 3.)

CATATAN 3: Jika pemicu sumber dikalibrasi dengan baik atau diidentifikasi sebagai pemicu kesalahan, satu-satunya pengukuran kecepatan yang akurat dihitung dengan menggunakan perbedaan waktu antara Penerima 1 dan 2 sepanjang perbedaan jarak radial dari sumber ke masing-masing penerima.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

The apparent velocity is equal to *l* divided by the travel time between the source and the receiver. When computing the apparent velocity between two receivers, the distance is the difference between the distances from the source to the respective receivers.

8.2 Wave Train Identification:

8.2.1 Under ideal conditions the identification of the P-wave and S-wave arrivals will be similar to that shown in Fig. 1. In other situations some judgment is required to identify the S-wave arrival. The S-wave may often be identified on the seismic signature by the following characteristics:

8.2.1.1 A sudden increase in amplitude above that of the P-wave train, and
8.2.1.2 An abrupt change in frequency coinciding with the amplitude change.
8.2.1.3 If a reversible polarity seismic source is used, the S-wave arrival will be determined as that point meeting the criteria of 8.2.1.1 and 8.2.1.2 and where a 180° polarity change is noted to have occurred. An unclipped recording of the entire waveform under consideration must be made. A subsequent recording at higher gain may be made with wave clipping after a clearly identified arrival has been recorded.

8.2.2 If a vertically polarized S-wave vibratory source (as opposed to an impact source) is used, the time difference between Receivers 1 and 2 may provide the time interval information needed for S-wave velocity calculations without a well-defined initial arrival. (See Note 2 below.) This type of source does not generally produce easily identified P-wave signals.

NOTE 2: Other than ideal conditions often exist where first arrivals such as those shown in Fig. 1 cannot easily be determined from the time trace. This may be caused by wave reflections and other phenomena as the signal travels between the source and receiver. Signal analysis techniques that account for such effects must then provide a means for the determination of the S-wave and possibly P-wave wave velocities. These techniques are not addressed in this standard but are acceptable if documented in the report.

8.3 Data Tabulation:
8.3.1 Three separate travel times are computed from the measurements as follows:
8.3.1.1 Source to Receiver 1,
8.3.1.2 Source to Receiver 2, and
8.3.1.3 Time difference between Receivers 1 and 2.
8.3.2 Determine incremental velocity by dividing the difference in radial distances between the source and receivers R1 and R2 by the difference in arrival times between and R2 and R1. (SeeNote 3.)

NOTE 3: If the source trigger is not precisely calibrated or identified due to trigger errors, the only accurate velocity measurement is computed using the time difference between Receivers 1 and 2 along with the difference in radial distances from the source to each receiver.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

9 Laporan : Lembar data uji/formulir

9.1 Metodologi yang digunakan memperlihatkan cara data dicatat pada lembar data uji/formulir, seperti yang ada di bawah, yang ada pada 1.4.

9.2 Pencacatan minimal mencakup informasi umum sebagai berikut (data):

9.2.1 Deskripsi proyek, operator, dan kondisi cuaca.

9.2.2 Membuat dan memodelkan sumber seismik lubang bor, penerima *downhole*, dan alat rekam.

9.2.3 Informasi Lubang Bor, metode instalasi, diameter pipa lindung.

9.2.4 Jarak antara masing-masing lubang bor atau koordinat sumur bor di permukaan tanah.

9.3 Rekaman minimal mencakup data uji pada setiap kedalaman yang diukur, sebagai berikut:

9.3.1 Deviasi yang diukur pada setiap lubang bor,

9.3.2 Jarak antara setiap pasangan set lubang bor,

9.3.3 Waktu tempuh dan kecepatan dari Sumber ke R1,

9.3.4 Waktu tempuh dan kecepatan dari Sumber ke R2, dan

9.3.5 Waktu tempuh dan kecepatan antara pasangan lubang bor R1 dan R2.

10 Presisi dan bias

10.1 Presisi – Presisi data uji tidak disajikan karena sifat alami tanah yang diuji dengan metode uji ini. Hal tersebut tidak layak dilakukan atau terlalu mahal untuk melibatkan sepuluh atau lebih laboratorium dalam program pengujian *round-robin* di tempat dengan tumpukan tanah seragam menutupi jangkauan kecepatan gelombang geser yang diharapkan. Berbagai variasi data yang diamati sama dengan variasi geologi pada operator dan variasi pengujian lapangan.

10.1.1 Sub-komite D18.09 sedang mencari data dari pengguna metode uji ini yang dapat digunakan untuk membuat pernyataan batasan presisi.

10.2 Bias - Nilai referensi yang tidak diterima pada metode uji ini; Oleh karena itu, bias tidak dapat ditentukan.

11 Kata kunci

11.1 Akselerometer; gelombang kompresi; geofon; fondasi mesin; gelombang seismik; gelombang geser; kecepatan gelombang

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

9 Report: Test Data Sheet(s)/Form(s)

9.1 The methodology used to specify how data are recorded on the test data sheet/form, as given below, is covered in 1.4.

9.2 Record as a minimum the following general information (data):

9.2.1 Project description, operator, and weather conditions.

9.2.2 Make and model of borehole seismic source, downhole receivers, and recording equipment.

9.2.3 Borehole information, method of installation, casing diameter(s).

9.2.4 Distance between each borehole or borehole coordinates at ground surface.

9.3 Record as a minimum the following test data at each measurement depth:

9.3.1 Measured deviations of each bore hole,

9.3.2 Distance between each pair of borehole sets,

9.3.3 Travel time and velocity from Source to R1,

9.3.4 Travel time and velocity from Source to R2, and

9.3.5 Travel time and velocity between borehole pairs R1 and R2.

10 Precision and Bias

10.1 Precision—Test data on precision are not presented due to the nature of the soil tested by these test methods. It is either not feasible or too costly to have ten or more laboratories participate in a round-robin testing program at sites with uniform soil deposits covering the range of expected shear wave velocities. Any variation observed in the data is just as likely to be due to geologic variation as to operator or field testing variation.

10.1.1 Subcommittee D18.09 is seeking any data from users of this test method that might be used to make a limited statement on precision.

10.2 Bias—There is no accepted reference value for these test methods; therefore, bias cannot be determined.

11 Keywords

11.1 accelerometers; compression waves; geophones; machine foundations; seismic waves; shear waves; wave velocity.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

REFERENSI

(1) Woods, R. D., “Measurement of Dynamic Soil Properties,”*Proceedings of the ASCE Geotechnical Engineering Division Specialty Conference on Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, ASCE, Vol I, 19–21 June 1978, pp. 91–178.

(2) Wightman, W. E., Jalinoos, F., Sirles, P., and Hanna, K., “Application of Geophysical Methods to Highway Related Problems,” Federal Highway Administration, Central Federal Lands Highway Division, Lakewood, CO, Publication No. FHWA-IF-04-021, September 2003.

(3) Ballard, R. F., Jr., “Method for Crosshole Seismic Testing,” *Geotechnical Engineering Division* , ASCE, Vol 102, No. GT12, December 1976, pp. 1261–1273.

RINGKASAN PERUBAHAN

Komite D18 telah mengidentifikasi bagian perubahan yang terpilih untuk standar edisi terakhir (D4428 / D4428M - 07) yang dapat mempengaruhi penggunaan standar ini. (Disetujui 1 Maret 2014.)

(1) Telah direvisi bagian 1, 3, 5, 8, 9, dan 10.
(2) Telah dikembangkan bagian 6 dan 7.
(3) Telah dibarukan Gambar. 1-4 dan bagian referensi.
(4) Telah dihapus Gambar. 4 dan 5, Tabel 1 dan 2, dan Lampiran.

“Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan”

REFERENCES

(1) Woods, R. D., "Measurement of Dynamic Soil Properties,"*Proceedings of the ASCE Geotechnical Engineering Division Specialty Conference on Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, ASCE, Vol I, 19–21 June 1978, pp. 91–178.
(2) Wightman, W. E., Jalinoos, F., Sirles, P., and Hanna, K., "Application of Geophysical Methods to Highway Related Problems," Federal Highway Administration, Central Federal Lands Highway Division, Lakewood, CO, Publication No. FHWA-IF-04-021, September 2003.
(3) Ballard, R. F., Jr., "Method for Crosshole Seismic Testing," *Geotechnical Engineering Division* , ASCE, Vol 102, No. GT12, December 1976, pp. 1261–1273.

SUMMARY OF CHANGES

Committee D18 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D4428/D4428M – 07) that may impact the use of this standard. (Approved March 1, 2014.)
(1) Revised Sections 1, 3, 5, 8, 9, and 10.
(2) Expanded Sections 6 and 7.
(3) Updated Figs. 1-4 and References Section.
(4) Removed Figs. 4 and 5, Tables 1 and 2, and Appendixes Section.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Informasi pendukung terkait perumus standar

1) **Komtek/ SubKomtek perumus SNI**
   SubKomite Teknis 91-01-S1 Sumber Daya Air

2) **Susunan kenggotaan Komtek perumus SNI**
   Ketua : Dr. Ir. William M. Putuhena, ,M.Eng
   Wakil Ketua : Ir. Iskandar A Yusuf, , M.Sc
   Sekretaris : Dery Indrawan, ST,MT
   Anggota : Dr. Ir. Suardi Natasaputra,M.Eng
   Doddy Yulianto,Ph.D
   Gemilang,ST, MPSDA
   Prof. Dr. Iwan Kridasantausa Hadihardjaja, M.Sc, Ph.D
   Djoko Mudjihardjo, ME
   Prof.Dr.Ir. Hadi U. Moeno,, M.Sc,MIHT

3) **Konseptor rancangan SNI**
   Ririn Rimawan,ST,MT

4) **Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI**
   Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air
   Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"